

| PORTFÓLIO DE SERVIÇO |  |
|----------------------|--|
| CÓDIGO               | LAAIEG04   |
| LABORATÓRIO          | LAAI – LABORATÓRIO DE ANÁLISES INSTRUMENTAIS   |
| DIVISÃO              | APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO   |
| SUBDIRETORIA         | SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA  |
| DESCRIÇÃO            | ANÁLISE DINÂMICO-MECÂNICA (DMA):<br>COMPORTAMENTO VISCOELÁSTICO. FAIXA DE<br>OPERAÇÃO 30°C A 500°C, 0,5 A 200 HZ |

### Descrição do STE

A análise dinâmico-mecânica (DMA) é utilizada para acompanhar comportamento viscoelástico de materiais em função do tempo, temperatura ou frequência. A medida é realizada aplicando-se uma força de oscilação periódica no material. Este método é útil para o estudo do comportamento viscoelástico na região de deformação elástica, obtendo-se as curvas de módulo elástico ( $E'$ ), módulo de perda ( $E''$ ) e  $\tan \delta$  ( $E''/E'$ ). A partir dessas curvas pode-se determinar relaxações secundárias, transições vítreas e fenômenos como cristalização e fusão.

No LAAI, o equipamento utilizado é o Analisador Térmico DMA Q800 da TA Instruments, com faixa de operação de 30°C a 500°C. A análise é realizada prendendo-se a amostra em uma garra, sendo uma parte da garra estacionária e outra móvel. A parte móvel da garra é conectada ao motor drive, que é diretamente responsável pela deformação da amostra. O movimento do motor drive é realizado por fluxo de ar, garantido um movimento suave, livre de ruídos e fornecimento contínuo de força. Há vários tipos de garras, entre elas flexão, tração, compressão e cisalhamento.

A Figura 1 exemplifica uma curva de uma análise DMA, na qual o módulo elástico ( $E'$ ) (linha verde), o módulo de perda ( $E''$ ) (linha azul) e  $\tan \delta$  ( $E''/E'$ ) (linha vermelha) são mostrados. Nesta análise, o valor de temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) foi obtido por meio do máximo da curva do módulo de perda.

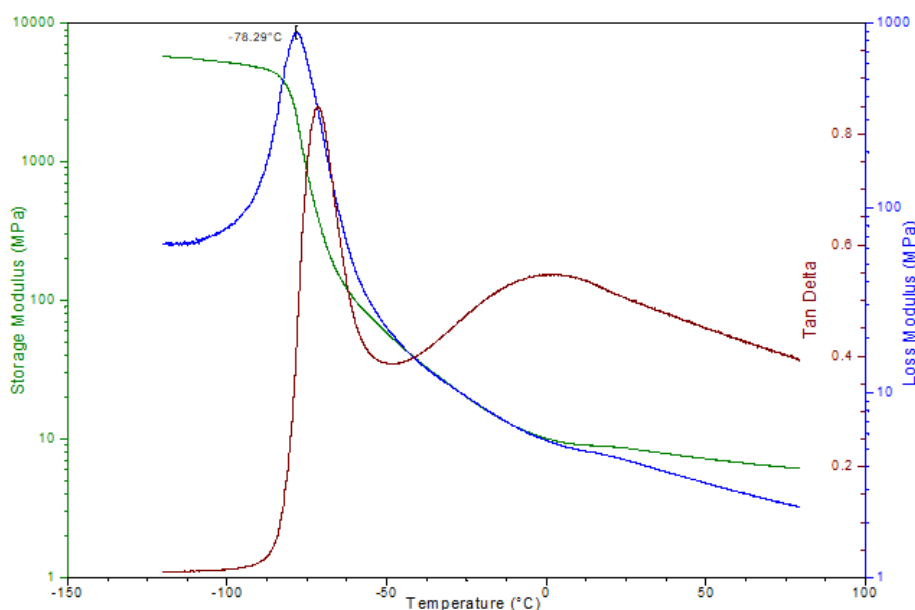


Figura 1 – Exemplo de um resultado de uma análise DMA.

## *Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE*

A sequência ordenada de atividades e tarefas que serão realizadas no LAAI para a prestação do serviço técnico especializado na área de análise dinâmico-mecânica é descrita em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

- **Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição dos parâmetros a serem utilizados nas análises e verificação da possibilidade de atendimento:** Inicialmente, por uma reunião técnica, o solicitante e a equipe da ICT definem os melhores parâmetros a serem utilizados nas análises (faixa de operação, taxa de aquecimento, tipo de garra, tamanho da amostra, entre outros). Reserva-se o direito à equipe da ICT de avaliar a possibilidade de atendimento diante das condições disponíveis no laboratório, concordando ou recusando as análises. Todas as etapas de análise são discutidas, definindo-se os relatórios a serem entregues, prazos, e as reuniões de acompanhamento, se assim acordados.

- **Etapa 2. Recebimento das amostras:** Após a reunião inicial e com a definição dos parâmetros de análise, ocorre o recebimento das amostras nas condições previamente estabelecidas entre o solicitante e a equipe da ICT. As amostras são armazenadas em dessecador até a realização dos ensaios. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para a manutenção da integridade das amostras.

- **Etapa 3. Calibração do equipamento Analisador Térmico nas condições definidas na reunião inicial:** Antes das análises serem realizadas, é necessário a calibração do equipamento Analisador Térmico DMA Q800, TA Instruments, nas condições previamente acordadas entre o solicitante e a equipe da ICT. Esta calibração é realizada seguindo procedimento padrão do laboratório.

- **Etapa 4. Ensaio/análise:** Nesta etapa, acontece o ensaio dinâmico-mecânico propriamente dito, no qual as propriedades viscoelásticas da amostra são medidas. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para o adequado funcionamento dos equipamentos do laboratório.

- **Etapa 5. Análise dos resultados obtidos nas análises:** Uma análise minuciosa dos resultados é realizada pela equipe do laboratório após as análises dinâmico-mecânicas. Nesta etapa, são realizados os cálculos das propriedades viscoelásticas solicitadas.

- **Etapa 6. Preparação de Relatórios:** Uma vez concluídas todas as etapas anteriores, a equipe da ICT procederá a confecção do relatório acordado no início do projeto com o solicitante. Juntamente com o relatório serão entregues todas as outras informações previamente acordadas entre a equipe da ICT e o solicitante, em mídias também definidas previamente.

### ***Pessoal envolvido para realização do STE***

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de análise dinâmico-mecânica é o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da Seção de Síntese e Caracterização (APR-PSC) da Divisão de Propulsão (APR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe a realização de pesquisas, desenvolvimento e análises físico-químicas de caracterização de propelentes, proteções térmicas, revestimentos e/ou seus componentes.

**Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.**

| <b>Serviço técnico especializado</b>   | <b>Pesquisadores envolvidos</b>   |
|--|---|
| Análise dinâmico-mecânica (DMA): comportamento viscoelástico. Faixa de operação 30°C a 500°C, 0,5 a 200 Hz | Todo o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da ICT/IAE. Por ser a chefe do laboratório, a servidora civil <u><b>Silvana Navarro Cassu</b></u> será incumbida de chefiar as atividades do STE em análise dinâmico-mecânica. |

**Tabela 2 – Número de servidores envolvidos nas etapas do STE.**

|         |                              |
|---------|------------------------------|
| Etapa 1 | 1 Servidor de Nível Superior |
| Etapa 2 | 1 Servidor de Nível Técnico  |
| Etapa 3 | 1 Servidor de Nível Técnico  |
| Etapa 4 | 1 Servidor de Nível Técnico  |
| Etapa 5 | 1 Servidor de Nível Técnico  |
| Etapa 6 | 1 Servidor de Nível Superior |

### ***Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE***

O laboratório que será requerido é o Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI), disponível na infraestrutura da ICT/IAE. Reforça-se que o laboratório dispõe de servidores de nível superior e de um corpo técnico preparados para a realização do serviço técnico especializado na área de análise dinâmico-mecânica.

Para a realização do STE, uma quantidade diversa de insumos pode ser requerida de acordo com a especificidade do ensaio. Durante a fase de alinhamento do serviço, mediante intermédio de Fundação de Apoio, é acordado quais insumos deverão ser adquiridos para o atendimento completo do pedido feito pelo solicitante do ensaio.

Para a execução deste serviço serão utilizados os equipamentos: Analisador Térmico DMA Q800 da TA Instruments, ar condicionado, termohigrômetro, compressor de ar para movimentação do motor do DMA, reguladores de pressão com saída de 0-100 Kgf/cm<sup>2</sup> e mangueiras apropriadas para a faixa de pressão. Em geral, são utilizados também instrumentos para a preparação da amostra, tais como pinças, espátulas, alicates de corte, alicates de manuseio, tesouras, estiletes, dentre outros dependendo da especificidade da amostra. Inerentemente, são utilizados computadores, programas computacionais (software do equipamento, editor de texto e planilhas eletrônicas) para o tratamento dos resultados e para elaboração dos relatórios. São utilizados também materiais básicos de segurança do trabalho (EPI). Os equipamentos e instrumentos utilizados variam conforme a solicitação do requisitante da análise.

### ***Cronograma de execução do STE***

Utilizando como referência as etapas explicitadas acima para uma única amostra, estima-se que os tempos de execução atendam ao cronograma disposto na Tabela 3. Em caso de duplicata e triplicata, os custos da etapa 4 é multiplicado por 2 ou 3, respectivamente. Os tempos de execução de cada etapa podem variar em função da complexidade da análise a ser atendida pelo STE.

**Tabela 3 – Cronograma das etapas para execução do STE.**

|         |       |
|---------|-------|
| Etapa 1 | 0,5 h |
| Etapa 2 | 0,5 h |
| Etapa 3 | 2 h   |
| Etapa 4 | 1 h   |
| Etapa 5 | 1 h   |
| Etapa 6 | 2 h   |

### ***Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE***

Após a realização das análises requeridas, o laboratório emitirá o relatório final de acordo com os procedimentos padronizados pelo laboratório de acordo com as normas específicas ASTM, sempre que possível.

### ***Formação dos custos unitários/globais do STE***

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

**Tabela 5 – Composição de custos (H/h).**

|                      | Atividade | Qualificação    | Carga Horária     | Valor por Hora | Valor Total |  |
|----------------------|-----------|-----------------|-------------------|----------------|-------------|--|
| Mão de Obra Dedicada | Etapa 1   | Nível Superior  | 0,5               | R\$ 189,81     | R\$ 94,91   |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 0                 | R\$ 109,24     | R\$ 0,00    |  |
|                      | Etapa 2   | Nível Superior  | 0                 | R\$ 189,81     | R\$ 0,00    |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 0,5               | R\$ 109,24     | R\$ 54,62   |  |
|                      | Etapa 3   | Nível Superior  | 0                 | R\$ 189,81     | R\$ 0,00    |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 2                 | R\$ 109,24     | R\$ 218,48  |  |
|                      | Etapa 4   | Nível Superior  | 0                 | R\$ 189,81     | R\$ 0,00    |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 1                 | R\$ 109,24     | R\$ 109,24  |  |
|                      | Etapa 5   | Nível Superior  | 0                 | R\$ 189,81     | R\$ 0,00    |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 1                 | R\$ 109,24     | R\$ 109,24  |  |
|                      | Etapa 6   | Nível Superior  | 2                 | R\$ 189,81     | R\$ 379,62  |  |
|                      |           | Nível Técnico   | 0                 | R\$ 109,24     | R\$ 0,00    |  |
|                      |           | <b>SUBTOTAL</b> | <b>R\$ 966,11</b> |                |             |  |

| <b>Equipamentos (Consumo Energético e Depreciação)</b> |   |                     |                   |                                 |                                     |                                       |  |                                   |                            |
|--|---|---------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|
| <b>Atividade</b>                                       | Tipo de Equipamento<br>(Dedicado ou de Apoio) | Equipamento         | BMP (nº de carga) | Potência do Equipamento<br>(kW) | Tempo de Equipamento<br>ligado (h ) | Custo de Energia (R\$0,78<br>por kWh) | Custo de Manutenção por<br>hora de uso (R\$/h) | <b>Custo do Equipamento (r\$)</b> | <b>TEMPO DE USO (ANOS)</b> |
| <b>ENSAIO</b>  | Dedicado                                      | DMA Q800            | 679323            | 1,15                            | 2                                   | R\$1,79                               | 7,5  | 680.000,00                        | 22                         |
|  | Apoio   | Condicionador de ar | 2135220           | 2                               | 2                                   | R\$3,12                               | 1  | 4000                              | 15                         |
|  | Apoio   | Datalogger          |                   | 0,004                           | 2                                   | R\$0,01                               | 1  | 3000                              | 10                         |
|  | Dedicado                                      | Computador          | 670507            | 0,010                           | 2                                   | R\$0,02                               | 1  | 8000                              | 22                         |
|  | Dedicado                                      | Compressor de ar    |                   | 5,59                            | 2                                   | R\$8,72                               | 1  | 35.000,00                         | 20                         |
|  |   |                     |                   |                                 | <b>SUBTOTAL</b>                     | R\$13,66                              |  | <b>SUBTOTAL</b>                   |                            |
| <b>CALIBRAÇÃO</b>                                      | Dedicado                                      | DMA Q800            | 679323            | 1,15                            | 2                                   | R\$1,79                               | 11,09  | 680.000,00                        | 22                         |
|  | Dedicado                                      | Computador          | 670507            | 0,010                           | 2                                   | R\$0,02                               | 1  | 8000                              | 22                         |
|  | Dedicado                                      | Datalogger          |                   | 0,004                           | 2                                   | R\$0,01                               | 1  | 3000                              | 10                         |
|  | Dedicado                                      | Condicionador de ar | 2135220           | 2                               | 2                                   | R\$3,12                               | 1  | 4000                              | 15                         |
|  | Apoio   | Compressor de ar    |                   | 5,59                            | 2                                   | R\$8,72                               | 1  | 35.000,00                         | 20                         |
|  |   |                     |                   |                                 | <b>SUBTOTAL</b>                     | R\$13,66                              |  | <b>SUBTOTAL</b>                   |                            |
| <b>RELATÓRIO</b>                                       | Dedicado                                      | Computador          | 670507            | 0,020                           | 2                                   | R\$0,03                               | 1  | 8000                              | 22                         |
|  | Dedicado                                      | Condicionador de ar | 2135220           | 2                               | 2                                   | R\$3,12                               | 1  | 4000                              | 15                         |
|  |   |                     |                   |                                 | <b>SUBTOTAL</b>                     | R\$3,15                               |  | <b>SUBTOTAL</b>                   |                            |

| Depreciação de Instalações |  |                     |                   |            |                                  |                                   |  |
|----------------------------|--|---------------------|-------------------|------------|----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Atividade                  | Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio) | Equipamento         | BMP (nº de carga) | Instalação | Número / identificação do prédio | Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (h) | Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$ |
| ENSAIO                     | Dedicado                                   | DMA Q800            | 679323            | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 51,27586415                                    |
|                            | Apoio                                      | Condicionador de ar | 2135220           | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,442380004                                    |
|                            | Apoio                                      | Datalogger          |                   | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,497677505                                    |
|                            | Dedicado                                   | Computador          | 670507            | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,603245461                                    |
|                            | Apoio                                      | Compressor de ar    |                   | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 2,903118779                                    |
|                            |  |                     |                   |            |                                  | <b>SUBTOTAL</b>                   |  |
| CALIBRAÇÃO                 | Dedicado                                   | DMA Q800            | 679323            | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 51,27586415                                    |
|                            | Apoio                                      | Computador          | 670507            | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,603245461                                    |
|                            | Dedicado                                   | Datalogger          |                   | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,497677505                                    |
|                            | Dedicado                                   | Condicionador de ar | 2135220           | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,442380004                                    |
|                            | Apoio                                      | Compressor de ar    |                   | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 2,903118779                                    |
|                            |  |                     |                   |            | <b>SUBTOTAL</b>                  |                                   | R\$55,72                                       |
| RELATÓRIO                  | Dedicado                                   | Computador          | 670507            | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,603245461                                    |
|                            | Dedicado                                   | Condicionador de ar | 2135220           | LAAI       | E-0077                           | 2                                 | 0,442380004                                    |
|                            |  |                     |                   |            | <b>SUBTOTAL</b>                  |                                   | R\$1,05  |

**Tabela 6. Valores das etapas**

| CÁLCULO DO VALOR FINAL ENSAIO        |                  | CÁLCULO DO VALOR CALIBRAÇÃO       |                  | CÁLCULO DO VALOR RELATÓRIO            |                  |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------|
| Mão de Obra Dedicada                 | RS 369,01        | Mão de Obra Dedicada              | RS 218,48        | Mão de Obra Dedicada                  | RS 379,62        |
| Consumo de energia                   | RS 13,66         | Consumo de energia                | RS 13,66         | Consumo de energia                    | RS 3,15          |
| Valor de insumos                     | NA               | Valor de insumos                  | NA               | Valor de insumos                      | NA               |
| Custo manutenção DMA Q800/h (x2h)    | RS 15,00         | Custo manutenção DMA Q800/h (x2h) | RS 15,00         | Custo manutenção DMA Q800/h (x2h)     | NA               |
| Depreciação dos Equipamentos/h (x2h) | RS 55,72         | Depreciação dos Equipamentos      | RS 55,72         | Depreciação dos Equipamento s/h (x2h) | RS 1,04          |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>RS 453,39</b> | <b>TOTAL</b>                      | <b>RS 302,86</b> | <b>TOTAL</b>                          | <b>RS 383,81</b> |

**Valor Total do ensaio: Valores da Tabela 5 e Tabela 6: R\$ 2.106,17**

**OBS:** A estimativa de custo por análise foi feita considerando-se análises realizadas na faixa de temperatura de 30-300°C, com taxa de aquecimento de 3°C/min. Custos de análises em condições diferentes destas serão fornecidos sob consulta.

***Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE***

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.